



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 674 114 B 1**

⑩ **DE 695 14 132 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 16 D 65/12**  
F 16 D 69/02

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 695 14 132.5  
⑤⑤ Europäisches Aktenzeichen: 95 400 636.7  
⑤⑤ Europäischer Anmeldetag: 22. 3. 1995  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 27. 9. 1995  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 29. 12. 1999  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31. 8. 2000

- ③① Unionspriorität:  
9403536 25. 03. 1994 FR
- ⑦③ Patentinhaber:  
GEC Alsthom Transport S.A., Paris, FR
- ⑦④ Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, SE

- ⑦② Erfinder:  
Watremez, Michel, F-59770 Marly, FR

- ⑤④ Aus unterschiedlichen Materialien bestehende Scheibe für Bremsungen mit hohem Energieumsatz

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 695 14 132 T 2

Best Available Copy

2 1 231 14 132 3D  
DE 695 14 132 3D

## Beschreibung

Die vorliegenden Erfindung betrifft Friktionsmaterialien wie auch deren Verwendung in Bremsvorrichtungen, wie zum Beispiel in dem Dokument WO-A-92/08909 beschrieben, wie es im spezielleren auf Multimaterialscheiben zum Bremsen mit hoher Energie aufgetragen ist.

Die Optimierung der Friktionsmaterialien, die Teil der Bremssysteme von zunehmend großer Geschwindigkeit sind, wird schwieriger und schwieriger aufgrund des gigantischen zu dissipierenden Energieniveaus. In diesem sich stark entwickelten Kontext erreichen die herkömmlichen Lösungen, wie die Bremscheiben der Art des Zuges Großer Geschwindigkeit Atlantik (TGV-A) im Zusammenhang mit den metallischen Anordnungen, beispielsweise aus gesintertem Eisen-Kupfer, ihre Grenzen, wobei die Begrenzung der Nutzgeschwindigkeit von 300 km/h für den Transport von Passagieren, die teilweise derzeitige Unfähigkeit zeigt, Bremssysteme zu entwickeln, die ausreichend leistungsfähig sind. Bei sehr hoher Geschwindigkeit sind nur die Friktionsbremsen in der Lage, das Halten der Wagengruppe sicherzustellen.

Die Bremsvorrichtungen des Standes der Technik beschreiben beispielsweise eine Vorrichtung mit Bremszangen, die die Verwendung von Bremscheiben notwendig machen, welche im allgemeinen auf der Radachse montiert sind.

Bei diesen Vorrichtungen packen Bremsbeläge die Bremscheiben von beiden Seiten der Scheibe selbst.

Die Optimierung der Friktionsmaterialien, die gewisse Teile der Bremsvorrichtung der Züge mit großer Geschwindigkeit oder der rollenden Fahrzeuge mit großer Masse bilden, wird delikater, aufgrund des gigantischen zu dissipierenden Energieniveaus. Diese Energien entsprechen dem Quadrat der Geschwindigkeit und der Masse in Bewegung.

Die zu dissipierende Energie ist ebenso groß, wenn die Bremsfrequenz hoch ist, wie im Falle von Untergrundbahnen.

Die Bremsvorrichtungen des Standes der Technik wie sie eingesetzt werden, beispielsweise die Bremsscheiben für den TGV-A und die metallischen Anordnungen aus gesinterem Eisen-Kupfer erreichen inzwischen ihre Grenzen.

Zum Beispiel dissipieren die Bremsvorrichtungen des Standes der Technik, wie sie am Zug Großer Geschwindigkeit montiert sind, eine Energie im Bereich von 14 MJ über jede Scheibe, wenn eine Bremsung aus einer Geschwindigkeit von 300 km/h durchgeführt wird. Die maximal dissipierbare Energie liegt im Bereich von 19 MJ.

Die aktuellen Zielsetzungen im Bereich der Bremsen sind eine Dissipation von Energie im Bereich von 25 MJ über jede Scheibe, wenn eine Bremsung aus einer Geschwindigkeit von ca. 400 km/h durchgeführt wird.

Keramische Bremsen bilden eine interessante Alternative. Die keramischen Materialien besitzen im allgemeinen spezifische Temperaturen und hohe mechanische Widerstandsfähigkeiten bei hohen Temperaturen mit guten Reibeigenschaften und gewiß auch eine gute Widerstandsfähigkeit bei thermischen Schocks. Die massiven Keramiken sind alle sehr zerbrechlich und erlauben keine zuverlässige Lösung über eine Monoblock-Bremsscheibe. Dahingegen erscheint die Option einer Umhüllung oder Einfügung von Keramik realistischer vom Standpunkt der Zuverlässigkeit aber auch der Kosten. Daher können Multimaterialanwendungen, wie keramische Verkleidungen, die durch thermische Projektion auf eine Scheibe aufgetragen sind oder Scheiben, die aus unterschiedlichen zusammengesetzten Flanschen bestehen wie auch Anordnungen von gesinterter Keramik ins Auge gefaßt werden. Diese Technologie, die ursprünglich im Bereich der Eisenbahn (TGV, Eisenbahnwagenzüge mit häufigen Stops...) entwickelt wurde, kann für andere Arten von Fahrzeugen (Lastkraftwagen...) entwickelt werden, die dazu neigen, große zu dissipierende Energien in der Bremskonfiguration zu entwickeln oder für eine vollständig andere Bremsanwendung, bei der ein stabiler Reib-Koeffizient und geringe Abnutzung des Friktionsmaterials erwünscht sind.

Während einer Bremsung durch Reibung stellt sich das Problem des Abführens der Wärme. Hierbei gilt es, die Wärme, die fürs Bremsen in der Nähe der Radnaben erzeugt wird, nicht auf die Lager der wärmeempfindlichen Räder zu übertragen. Eine zu intensive Abgabe erzeugt das Risiko der Provokation einer Blockage des Rades auf seiner Achse. Die Verkleidungen oder keramischen Einsätze bzw. Cermet (Keramik-Metall) haben das Ziel, die Über-

tragung der Wärme auf die Achse zu begrenzen, den Abnutzungswiderstand der Paarung Scheibe/Bremsanordnung zu verbessern sowie den Widerstand gegen die thermische Alterung bei gleichzeitigem Aufweisen von stabilen Reibeigenschaften bei hohen Temperaturen, was zur Entwicklung einer neuen Art von Bremsgarnitur führt.

Das Dokument UK 2 268 511 beschreibt eine Bremsscheibe, die zumindest eine Verkleidung aus Keramik oder Cermet umfaßt, wie auch eine thermische Barriere auf der Basis von Nickel.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Multimaterialscheibe zum Bremsen mit hoher Energie vorzusehen für Züge mit großer Geschwindigkeit, die keramische Materialien verwendet. Die Varianten der Erfindung basieren ausschließlich auf der Scheibe, die in allen Fällen zusammen mit einer keramischen Anordnung, wie im Stand der Technik beschrieben.

Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, Friktionsmaterialien vorzusehen, die sich in Bremsscheiben einsetzen lassen und die eine Begrenzung der Ausbreitung von Wärme auf die Achse ermöglichen.

Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, Friktionsmaterialien vorzusehen, die sich für die Verwendung in Bremsscheiben eignen und eine Verbesserung des Widerstandes der Scheiben gegen thermische Alterung ermöglichen, bei gleichzeitigem Aufweisen von stabilen Reibcharakteristika bei hohen Temperaturen.

In dem vorliegenden Text ist die Bezeichnung Cermet die Abkürzung für Keramik/Metall und bezeichnet ein Kompositmaterial aus Keramik-Metall.

Gegenstand der Erfindung ist eine Bremsvorrichtung nach Maßgabe des Anspruches 1.

Gemäß der Erfindung erfüllt die Multimaterialscheibe eine der folgenden Charakteristika:

- eine der Verkleidungen ist eine externe Verkleidung aus einem Kompositmaterial Keramik-Metall auf der Basis von Chromcarbid,

- die äußere Reibverkleidung besteht aus einem keramisch metallischen Kompositmaterial, das aus Nickel-Chrom/Chromcarbid besteht,
- die Scheibe umfaßt eine thermische Sperre aus einem keramisch metallischen Kompositmaterial des Typs NiCrAlY-Zirkon oder aus yttriertem Zirkon oder aus einem isolierenden Keramikoxyd,
- die Scheibe setzt sich aufeinanderfolgend zusammen aus einem Substrat, der thermischen Barriere und einer äußeren Reibschicht,
- eine Verbindungsschicht ist auf dem Substrat angeordnet,
- die Verbindungsschicht besteht aus NiCrAlY,
- zumindest eine der Verkleidungen ist durch Fasern verstärkt,
- die Bremsgarnitur umfaßt Blöcke aus Aluminiumtitanat oder einem anderen keramischen Material,
- die Blöcke der Bremsgarnitur haben eine Gewichtszusammensetzung im Bereich von 54% Aluminiumoxyd, ca. 33% Titanoxyd, ca. 3% Kieselsäureanhydrid und 2,5% Magnesiumoxyd.

Bremssimulationen hoher Energie mit verkleinerten Scheiben haben gezeigt, daß die Zusammensetzung einer Garnitur aus Aluminiumtitanat und einer Scheibe, die mit Nickel-Chrom/Chromoxydcermet beschichtet ist, eine Materialpaarung bildet, die in Bremsanordnung interessante Leistungen hinsichtlich des Reibkoeffizienten der Nutzung zeigt. Gleichzeitig hat sich gezeigt, daß das Einfügen einer thermischen Sperre zu vorteilhaften Temperaturgewinnen über die Dicke der Scheibe führt.

Andere Aufgaben, Eigenschaften und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Lektüre der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Multimaterialscheibe für hohe Energie, wobei die Beschreibung erfolgt in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, darin zeigt:

Fig. 1 die Projektionsvorrichtung zur Realisation der Multimaterialscheibe, wie entsprechend der Erfindung vorgeschlagen;

Fig. 2 eine Teilschnittansicht einer Mulimaterialscheibe, gebildet aus einem Substrat und einer Triplexverkleidung, wie durch die Erfindung vorgeschlagen;

Fig. 3 eine Möglichkeit der Befestigung der keramischen Blöcke der Garnitur;

Fig. 4 eine Teilschnittansicht einer Multimaterialscheibe, zusammengesetzt entsprechend der Erfindung;

Fig. 5 eine Teilschnittansicht einer Variante der Multimaterialscheibe, zusammengesetzt entsprechend der Erfindung;

Fig. 6 eine Teilschnittansicht der Multimaterialscheibe, zusammengesetzt entsprechend Fig. 5, umfassend eine zusätzliche thermische Sperre.

Eine erste Ausführungsform entsprechend der Erfindung berücksichtigt exklusiv den Aspekt der "Verkleidung", die von einer vorgeschlagenen Scheibe getragen wird, d.h. umfassend Verkleidungen ausgearbeitet durch thermische Projektion.

Von den unterschiedlichen Techniken zur Herstellung der Ablagerungen wurde die atmosphärische Plasmaprojektion im Hinblick auf die Natur der zu projizierenden Materialien gewählt und aufgrund der Dicken der gewünschten Schichten, unter Berücksichtigung des Aspektes der Ökonomie des Verfahrens der Herstellung. Die thermische Plasmaprojektion besteht in dem Einführen von festen Partikeln in einen Plasmastrom mit dem Ziel, diese zu schmelzen, bevor sie auf das Substrat treffen, wo sie eine Ablagerung mit einer lamellaren Struktur bilden.

Die Ausbildung einer Verkleidung auf einer Scheibe ist keine leichte Angelegenheit, da sie eine perfekte Haftung an dem Substrat aufweisen muß, um seinen Funktionen korrekt entsprechen zu können. Die Hauptschwierigkeiten beruhen auf der Natur der chemischen Verbindungen zwischen der Keramik und dem Substrat, der intrinsischen Brüchigkeit der Keramik wie auch den Unterschieden im Young-Modul und den Dilatations-Koeffizienten zwi-

schen der vorgeschlagenen Ablagerung und dem Substrat. Während der Projektion breiten sich die flüssigen oder halbflüssigen Partikel auf dem Substrat aus. Dabei tritt eine Penetration von flüssigen Partikeln auf, die auf die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche des Basismaterials oder die vorhergehenden Partikel projiziert werden, eine Wärmeübertragung auf das Substrat sowie eine sehr schnelle Abkühlung und Verfestigung durch Kontraktion der Partikel.

Im Falle der Beschichtung, realisiert durch Plasmaprojektion, ist die Adhesion und Kohäsion der Ablagerung im wesentlichen mechanischer Natur und die Vorbereitung des Substrates ist eine der Hauptphasen von denen die Ausbildung einer Ablagerung abhängt. Für unsere Anwendung erlaubt ein Sandstrahlen der Scheibe vor der Projektion mit Korund des Grades 16 (Aluminiumoxyd mit einem mittleren Durchmesser der Körner von 1mm, Sandstrahldruck: 6bar,  $RA=6\mu m$ ) das Erzielen einer adäquaten Rauigkeit.

Größere Rauigkeiten und Modifikationen der Oberfläche können durch Nuten erzielt werden, durch Elektroerosion, durch ein Laserverfahren oder auch durch chemisches Abtragen, wobei diese Behandlungen einige Minuten vor der Projektion erfolgen müssen, um die Risiken der Oxydation zu begrenzen.

Die Projektionsvorrichtung, verwendet für die Entwicklung, ist in Fig. 1 dargestellt. Die Multimaterialscheibe 11 wird um ihre Drehachse Y in Rotation versetzt, durch Rotationseinrichtungen 13, mit einer konstanten Geschwindigkeit, während sich ein Brenner 12, der in einem Abstand  $D_t$  der Scheibe angeordnet ist, in einer „hin und her“ Bewegung parallel zur Achse x bewegt, symbolisiert durch einen Doppelpfeil 15, mit einer Translationsgeschwindigkeit, die abhängig von dem Radius der Scheibe 11 ist, um eine konstante Dicke der Verkleidung zu erzielen. Es ist notwendig, die Parameter der Projektion und der Abkühlung der Scheibe 11 zu beherrschen, mit Abkühlungseinrichtungen 14, während der Projektionsphase um die Restspannungen zu minimieren.

Um den vorgenannten Funktionen zu entsprechen, wurde eine Triplexverkleidung 21 gewählt. Eine Verbindungsschicht 23 aus NiCrAlY, eine Kompositschicht aus „yttriertem Zirkon-NiCrAlY“ die die Rolle der thermischen Sperre 24 spielt und eine Reibschicht 25 aus Cermet auf der Basis von Chromcarbid sind so auf dem Substrat abgelagert.

Eine derartige Struktur einer Multimaterialscheibe (21) mit einer Triplexverkleidung ist beispielsweise in der Fig. 2 dargestellt.

Die in Fig. 2 dargestellte Struktur steht relativ zu einem Substrat 22 aus Stahl und die Zusammensetzungen der projizierten Pulver in diesem Falle sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Funktion	Material	Gewichtszusammensetzung	Partikeldurchmesser
Befestigung - Verbindung	NiCrAlY	Nickel: 70% Chrom: 20% Aluminium: 9% Yttrium: 0,27%	45 bis 125µm
Thermische Sperre	Komposit NiCrAlY-Zirkon Yttriertes Zirkon (Verhältnis: 25/75 in Volumen)	NiCrAlY: gleichfalls Yttriertes Zirkon: Zirkon: 85% Yttrium: 8%	45 bis 70µm
Reibung - Nutzung	Cermet Nickel/Chrom- Chromcarbid	Chromcarbid: 75% Nickel-Chrom: 25% dabei: Nickel: 80% Chrom: 20%	10 bis 90µm

Es ist beabsichtigt, die Verkleidung auf Substraten 22 aus Stahl oder aus Gußeisen aller Art zu realisieren.

Für eine Bremsanwendung hoher Energie ist eine Verwendung von Aluminiumlegierungen als Substrat 22 nicht beabsichtigt aufgrund ihrer begrenzten Nutzungstemperatur, aufgrund welcher die mechanischen Charakteristika stark beeinträchtigt sind. Wenn dahingehend die avisierte Anwendung sich auf Bremsen bezieht, die geringere Energien erzeugen und bei denen man im Rahmen dieser Technik den Aspekt der Tribologie (Koeffizient der Reibung und Nutzung) sucht, ist es natürlich möglich, die Projektion des Cermet aus Nickel-Chrom/Chromcarbid bei Einfügen einer thermischen Sperre oder nicht auf Aluminiumlegierungen vorzusehen. Es ist dabei notwendig, eine abgestufte Verbindungsunterschicht 23 vorzusehen, die einen Ausgleich der Unterschiede der Dilatationskoeffizienten ermöglicht. Die weiter oben gezeigte zweite Ausführungsform ermöglicht die Bewertung der Leichtigkeit von Aluminiumlegierungen und somit die beträchtliche Verminderung des Gewichtes der Achsen.



Es ist zu bemerken, daß für eine Bremsanwendung bei hoher Energie die Verwendung von Komposita mit einer durch Fasern verstärkten Aluminiummatrix möglich ist (Kohlenstoff oder Oxyd) als Substrat 22; diese Materialien konservieren ihre mechanischen Charakteristika bei höheren Temperaturen.

Die Verbindungsunterschicht 23 ist nicht unabdingbar, aber sie ermöglicht eine Verbesserung der Haftung mit dem Substrat 22 und mit der oberen Ablagerung 24. Ohne Verbindungsunterschicht 23 ist die Haftung im wesentlichen mechanisch, wobei mit einer Verbindungsunterschicht 23 eine kleine Diffusionszone zu erkennen ist. Die Verbindungslegierungen sind aus Materialien, die eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation und Korrosion zeigen, was eine Begrenzung der Oxydation bei Wärme ermöglicht, die sich ansonsten im Hinblick auf die Erwärmung in Bremssituationen entwickeln kann. Diese Verbindungsschicht ermöglicht gleichermaßen eine Minimierung der Differenzen der Dilatationskoeffizienten zwischen dem Substrat 22 und der zweiten projizierten Schicht, nämlich die thermische Sperre 24. Andere Legierungen wie beispielsweise Nickelaluminium können als Verbindungsschicht verwendet werden, bilden aber eine weniger gute Oxydationssperre im Vergleich zu einer MCrAlY-Legierung (mit M: Nickel oder Kobalt), wie sie herkömmlicherweise als Unterschicht Verwendung findet.

Die Ablagerungen auf der Basis von Zirkon werden häufiger in der Industrie als thermische Sperre verwendet, im Hinblick auf ihre geringe thermische Leitfähigkeit und ihren thermischen Dilatationskoeffizienten, der relativ hoch ist. Inzwischen haben die Studien bezüglich der Bremskonfiguration die weit höhere Zuverlässigkeit der Kompositverkleidungen gezeigt, die eine bessere Haftung auf den Substraten und eine stärkere Kohäsion zeigen. Es handelt sich um Komposite „Metall-Keramik“ des Typs NiCrAlY-Zirkon, welche im allgemeinen bessere Eigenschaften zeigen, als Zirkon bei gleichzeitig geringerer Anfälligkeit gegen thermische Schocks und einer „thermischen Sperreffizienz“, die im wesentlichen identisch ist, wobei die Verwendung eines reinen yttrierten Zirkons oder anderer isolierender Keramikoxyde (Aluminiumtitanat, Aluminiumoxyd...) möglich ist. Eine Vergrößerung der Ablagerungsdicke führt zu einer Verkleinerung ihres Widerstandes gegen thermische Alterung, was zu einer Suche nach dem besten Kompromiß zwischen thermischer Isolation/Widerstand entsprechend der gegebenen Bremskonfiguration führt. Diese Aussage ist gleichsam gültig für die Reibschicht 25, deren Dicke als Funktion der im wesentlichen thermischen Spannungen optimiert wird, die durch die Anwendung der avisierten Bremse erzeugt werden. Der Durchmes-

ser der Teilchen, wie in Tabelle 1 indiziert, ist lediglich indikativ. Gemäß dem Anwendungsfall kann die Verwendung von Pudern mit einer geringeren oder größeren Körnung ein besonderes Interesse sein. Die Verwendung von Partikeln mit einem großen Durchmesser führt insbesondere zu einer Verringerung des Betrages der Restspannungen und einem höheren Porositätsgrad. Es ist zu bemerken, daß ein höherer Porositätsgrad vorteilhaft für den Widerstand gegen thermische Schocks ist, gleichzeitig aber die Penetration durch korrosive Elemente erleichtert, was zu einer Korrosion und einer Oxydation des Substrats unter dem Effekt thermischer Zyklen führt, weshalb wiederum der geeignete Kompromiß entsprechend der avisierten Anwendung zu suchen ist.

Was die Ausbildung der Verkleidungen angeht, ist außer dem Plasmabrenner in atmosphärischer oder anderer Form (Niederdruckplasma, Atmosphärenplasma bei gesteuerter Temperatur) die Verwendung anderer Technologien zur thermischen Projektion mit Flamme möglich (insbesondere Überschallsuperpistole) oder auch Laserverfahren. Es ist auch möglich, die unterschiedlichen Schichten durch Kombination unterschiedlicher Ablagerungstechnologien zu realisieren; die Überschallprojektion erlaubt den Aufbau von dichteren Ablagerungen im Vergleich zu Plasma und kann vorteilhaft sein für die Reibschicht, die so unanfälliger gegen Abnutzung wird, wobei die Realisierung der thermischen Sperrschicht mit diesem Verfahren nur schwer darstellbar ist; paradoxerweise werden die besten Resultate auf dem Niveau der Haftung bei Realisierung der unterschiedlichen Schichten in kontinuierlicher oder gradueller Weise erzielt (was die Anordnung mehrerer Verteiler für die Puder notwendig macht), mit dem Ziel der Begrenzung der Oxydation zwischen den Schichten und des Ausgleiches der Differenzen der Eigenschaften zwischen den projizierten Materialien. In dieser Hinsicht erscheint es vorteilhaft, sich eher an der Post-Projektions-Bearbeitung zu orientieren als sich einer Kombination von Verfahren zuzuwenden.

Eine gewisse Anzahl von Post-Projektions-Bearbeitungen können sich als notwendig erweisen, um die Lebensdauer dieser Vorrichtungen zu verbessern, insbesondere in dem Fall einer Bremsung, die extrem hohe Energien erzeugt. Die Verwendung einer Warmbehandlung in einer Inertumgebung (Diffusionsbehandlung) zur Normalisierung der Restspannungen, erlaubt die Verbesserung der Haftung durch Bildung einer Diffusionszone an der Schnittstelle Unterschicht/Substrat wie auch an den unterschiedlichen Schnittstellen im Falle von mehrschichtigen Ablagerungen. Eine Behandlung der Oberfläche mit Laser kann durchgeführt werden um eine Verkleidung zu refusionieren, die vorhergehend abgelagert wurde. Es ist zu

bemerken, daß die Refusion realisiert werden kann durch das Einführen anderer Partikel in das Innere der verdichteten Ablagerung, mit unterschiedlicher Natur, was es erlaubt, an der Oberfläche andere Charakteristika zu erzielen (Reibkoeffizient beispielsweise höher oder niedriger). Die Bearbeitung ändert die Mikrostruktur der Ablagerung, um diese dichter zu machen und erlaubt das Erzielen eines Zustandes mit geringeren Restspannungen. Die oberflächliche Refusion durch Laser ermöglicht das Erzielen einer dichten Verkleidung an der Oberfläche, die glatt ist mit einer Mikrostruktur, die fein und homogen ist und bessere thermomechanische Eigenschaften aufweist. Unter dieser Schicht von ca. 100 bis 200µm Dicke, bleibt die Ablagerung, wie sie durch die Plasmaprojektion erzielt wurde. Das Resultat dieser Bearbeitung bezüglich der Ablagerung mit „trockenem Plasma“ ist eine Vergrößerung des Widerstandes gegen Abnutzung und eine bessere Leistungsfähigkeit bei thermischen Schocks.

Es ist zu bemerken, daß es möglich ist, die Ablagerungen während ihrer Erstellung durch Fasern (Kohlenstoff oder Oxyde) zu verstärken, um insbesondere ihren Widerstand gegen thermische Schocks zu verbessern.

Im Hinblick auf die Anwendung bei Zügen großer Geschwindigkeit wurden Bremssimulationen an verkleinerten Scheiben aus Stahl 28CDV5-0,8 durchgeführt im Zusammenhang mit gesinterten Garnituren aus Eisen-Kupfer vom Typ Jurid 721, Materialien, die für das Material TGV-A verwendet werden, als Bezug. Die selben Studien, die an beschichteten Scheiben durchgeführt wurden (Unterschicht von 0,1mm plus thermische Sperre von 0,5mm plus Reibschicht von 0,5mm) führen zu einem Reibkoeffizienten, der sehr instabil ist. Das Einfügen der thermischen Sperre erzeugt logischerweise eine Verringerung der Temperaturen im Inneren der Scheiben, jedoch auch eine Erhöhung der Temperaturen in den Garnituren, was sich in einer sehr starken Abnutzung äußert. Die Optimierung einer Bremsscheibe kann daher nicht von derjenigen der Garnitur getrennt werden. Durch Verstärkung der Wärmeübertragung auf die Garnitur machen die Bremsscheiben mit einer thermischen Sperre die Einstellung einer neuen Generation von Garnitur notwendig. Die Keramiken zeigen stabile thermomechanische Eigenschaften bei hohen Temperaturen und die Verwendung der Garnituren aus Aluminiumtitanat in Verbindung mit Scheiben, die an der Oberfläche mit Cermet Nickel-Chrom/Chromcarbid beschichtet sind, ermöglicht das Erzielen eines bemerkenswert stabilen Reibkoeffizienten zu einer Zeit; unabhängig von der Geschwindigkeit oder der betrachteten Leistung sowie eine gleichmäßigere Verteilung der an der Schnittstelle erzeugten Wärme.

Bei Betrachtung der Anwendung bei Zügen großer Geschwindigkeit, die mit Garnituren ausgestattet sind, die aus zylindrischen Metallblöcken aus gesinterem Kupfer gebildet sind, wurden die Aluminiumtitanat-Blöcke durch isostatisches Pressen realisiert. In indikativer Weise setzen sich die Blöcke im wesentlichen zusammen aus 54% Aluminiumoxyd, 33% Titanoxyd, 3% Silizium und 2,5% Magnesiumoxyd. Diese chemische Zusammensetzung kann modifiziert werden, um das tribologische Verhalten einzustellen. Im Vergleich zu Blöcken aus gesinterem Metall sind die Blöcke aus Keramik leichter und ihre Fabrikation ist insgesamt weniger aufwendig.

Gleichzeitig führen die Reibmaterialien in Bremskonfiguration zu geringeren und gleichmäßigeren Abnutzungen im Vergleich zu der Paarung „28CDV5/Garnitur aus gesinterem Fe-Cu“ wie sie derzeit verwendet werden. Im Falle der Keramiken, wird der Mechanismus der Abnutzung durch Emission des Abriebs gefolgt von einem Phänomen der Verglasung bei hoher Temperatur, die sich in der Bildung einer sehr harten Oberflächenschicht äußert, deren Dicke im Bereich von Mikronen liegt. Vom praktischen Standpunkt her, verleiht die Verglasung der Paarung „Cermet Nickel-Chrom/Chromcarbid/Aluminiumtitanat“ einen guten Widerstand gegen Abnutzung und einen stabilen Reibkoeffizienten.

Aufgrund der Tatsache, daß Aluminiumtitanat eine sehr geringe thermische Leitfähigkeit hat, führt die Verwendung einer derartigen Garnitur logischerweise zu einer gleichmäßigen Leistung, bei einer Erhöhung der Oberflächentemperatur der Scheibe. Das Hinzufügen einer thermischen Sperre zwischen dem Substrat und der Reibschicht führt zu Oberflächentemperaturen, die noch einmal höher liegen, wobei die Effizienz der thermischen Sperre ein Erzielen geringerer Temperaturen im Inneren des Substrates ermöglicht. Entsprechend dem Anwendungsfall ist es notwendig, die Dicke der thermischen Sperre zu optimieren, um ein befriedigende Verteilung der Wärme aufgrund des Bremsens zwischen der Scheibe und den Garnituren zu erzielen. Es ist festzustellen, daß die Erhöhung der Oberflächentemperaturen in diesem Falle ebenfalls aufgrund der Tatsache erfolgt, daß die thermische Sperre sehr nahe an der Reibfläche ist. Die zweite Ausführungsform, weiter oben gezeigt, erlaubt die Umgehung eben dieses Nachteiles.

Über das Aluminiumtitanat hinaus, können andere keramische Materialien, die durch isostatisches Pressen oder anderes (uniaxiales Pressen, Gießen, Extrusion oder Einspritzgießen) her-

gestellt werden, geeignet sein, nach einem Experimentieren mit ihrem tribologischen Charakteristika in Bremskonfiguration.

Unabhängig von der betrachteten Reibscheibe (TGV oder andere) führt die Realisierung der Verkleidungen nicht zu Modifikationen der Konzeption, da diese Technologie einfach in der Ablagerung von anderen Materialien auf der Oberfläche besteht.

Die derzeitigen Blöcke der Garnituren TGV-A sind auf Gittern gesintert, dann auf eine metallische Basis geschweißt, die selbst auf ein Halblech geschweißt ist. Im Falle keramischer Blöcke ist es nicht möglich, Schweißen zu deren Fixierung weiterhin zu benutzen.

Die Fig. 3 illustriert eine Möglichkeit der Befestigung der Blöcke 31 einer Garnitur 30. Nach dem Sintern wird ein Block 31 in bekannter Weise bearbeitet, um eine konische Basis zu erzielen. Ein Zentrierfuß 33, der in den Ausnehmungen 32 und 36 plaziert ist, ermöglicht die Immobilisierung der Blöcke gegen Rotation. Eine Hülse 34, beispielsweise aus nichtrostendem Stahl weist im Inneren eine konische Ebene auf. Diese Hülse 34 ist auf den Block 31 aufgesetzt und dann auf ein Halblech 35 geschweißt, das an einem runden Endstück 37 befestigt ist, in Anpassung an die Anwendungsvorrichtung (nicht gezeigt) der Garnituren und ermöglicht die Fixierung des Blockes 31.

Über den technischen Aspekt, wie weiter oben beschrieben hinaus, ist das ökonomische Interesse dieser Technologie bemerkenswert. Unabhängig von dem Material der Eisenbahn oder anderen Möglichkeiten, haben die derzeitigen Bremscheiben relativ hohe Kosten. Beispielsweise sind die Scheiben vom Typ TGV-A aus Stahl 28CDV5-0,8, bei Ausführung aus legiertem Stahl, mit einer hohen Elastizitätsgrenze versehen und sind behandelt für eine Fahrstrecke von 370HB, was schließlich Kosten erzeugt.

Das ökonomische Interesse an dem Verfahren besteht in der Tatsache, daß einerseits teure Materialien nur dort verwendet werden, wo sie notwendig sind und in der Masse ein Stahl mit mittleren Eigenschaften; andererseits können die verkleideten Scheiben nach ihrer Benutzung wieder verwendet werden, durch Abnahme der abgenutzten Ablagerungen mit Hilfe von speziellen Werkzeugen (beispielsweise verkleideten Werkzeugen) und durch Projizierung neuer Materialien auf die derart wieder hergestellte Scheibe. Es ist zu bemerken, daß es schwer zu



bewerkstelligen ist, lediglich die Reibschicht abzunehmen, und das es zuverlässiger ist, die Verkleidung komplett neu aufzubringen.

Eine zweite Ausführungsform gemäß der Erfindung, getragen von einer zusammengesetzten Scheibe, wie weiter oben indiziert, ermöglicht eine Kombination und eine Verbesserung im Bereich der Wärmeübertragung der technischen Interessen der ersten Ausführungsform und der beträchtlichen Reduzierung des Gewichtes der Reibscheiben. Diese Konzeption führt zu Gewichtseinsparungen im Bereich von 40% pro Scheibe gegenüber einer Monoblockscheibe aus Stahl.

Die zweite Ausführungsform besteht in der Ausbildung einer Scheibe, die aus mehreren zusammengesetzten Flanschen besteht. Zur Verwendung der Aluminiumlegierungen in Bremsen ist es notwendig, bei vernünftigen Temperaturen zu bleiben um deren mechanische Charakteristika zu erhalten, selbst wenn es sich um Komposita mit einer Aluminiummatrix, die durch Fasern verstärkt ist, handelt.

Wie in Fig. 4 indiziert, besteht die Multimaterialscheibe (40) aus vier Teilen.

Ein zentraler Flansch 41 ist direkt mit der Achse verbunden. Die Zwischenflansche 42 dienen als thermische Sperre und ermöglichen durch Realisierung eines starken Temperaturabfalles die Verwendung einer zentralen Scheibe 41 aus Aluminiumlegierung. Die Isolationsflansche 42 sind aus gesintertem Zirkon und daher massiv.

Andere keramische Materialien (Aluminiumoxyd, Titanat) erarbeitet auf klassische Weise (uni-axiales Pressen oder isostatisches Pressen, Gießen, Einspritzgießen oder Extrusion), können auch möglich sein. Man kann gleicherweise Kompositmaterialien verwenden, die aus einer Mischung von Fasern, meistens Aluminiumoxyd und einem organischen Binder bestehen, wie auch den massiven Keramiken, hergestellt auf klassische Weise durch Bearbeitung ohne Schwierigkeiten und zeigen im Vergleich mit den letzteren, thermische Leitfähigkeiten, die insgesamt geringer sind, wobei sie gleichzeitig einen äquivalenten Widerstand gegen thermische Schocks und thermo-mechanische Eigenschaften zeigen.

Die äußeren Flansche 43 sind aus einem Stahlsubstrat 43 gebildet, das auf einer seiner Seiten mit Cermet Nickel-Chrom/Chromcarbid 45 verkleidet ist, das unter Umständen auf einer Un-

terschicht abgelagert ist. In Kombination mit den Garnituren (nicht dargestellt) aus Aluminiumtitanat ermöglichen diese externen Flansche 43 die Nutzung der tribologischen Vorteile (Stabilität des Reibkoeffizienten, geringe und gleichmäßige Abnutzung, Möglichkeit der Einstellung des Reibkoeffizientwertes), beschrieben in der ersten Ausführungsform.

Die Tatsache der Ablagerung der thermischen Sperre weiter entfernt von der Schnittstelle ermöglicht im Vergleich mit der ersten Ausführungsform eine Begrenzung der Erhöhung der Oberflächentemperaturen durch Reibung und daher der Abnutzung der Hauptmaterialien. Die Dicken der Zwischenflansche 42 und der äußere Flansch 43, die nicht beschichtet sind, sind zu optimieren gemäß der anvisierten Bremsanwendung; das Ziel ist dabei einen ausreichend großen Temperaturabfall im Bereich der Schnittstellen 42/41 zu erzielen, um die Verwendung einer Aluminiumlegierung zu ermöglichen, bei einer gleichzeitigen Minimaltemperatur im Bereich der Reibflächen.

Eine Variante, die die Verwendung zweier Typen von Flanschen ermöglicht, kann durch Realisierung einer thermischen Sperre 52 auf einem zentralen Flansch 51 aus einer Aluminiumlegierung durch Ablagerungsverfahren realisiert werden. Wie vorhergehend beschrieben, verwendet man einen externen Flansch (53), der aus einem Substrat (54) gebildet wird, welches eine Verkleidung (55) auf einer seiner Seiten trägt. Eine derartige Multimaterialscheibe (50) ist in Fig. 5 dargestellt.

Wie bei der ersten Ausführungsform indiziert, ist die Dicke der thermischen Sperre begrenzt. Im Falle einer Bremsanwendung mit hoher Energie kann die Dicke der thermischen Sperre, die auf diese Art realisiert ist, nicht ausreichend sein, so daß man unabhängig von der Realisation einer ersten thermischen Sperre 62A auf einen zentralen Flansch 61, die Realisierung einer zweiten thermischen Sperre 62B auf einem externen Flansch 63 vorsehen muß. Die Realisierung einer derartigen Multimaterialscheibe (60) ist in der Fig. 6 dargestellt.

21.03.00

95 400 636.7-2215/0 674 114

0127 339 neg 16.03.2000

Anmelder: GEC ALSTHOM TRANSPORT SA

### Ansprüche

1. Bremsvorrichtung mit einer Multimaterialbremsscheibe (21) zum Bremsen mit hoher Energie, umfassend zumindest eine Verkleidung aus Keramik oder Zement und eine damit verbundene Bremsanordnung (37), dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsanordnung (37) massiv ist und aus einem keramischen Material realisiert ist.
2. Bremsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine der Verkleidungen eine äußere Verkleidung aus einem keramisch metallischen Kompositmaterial auf der Basis von Chromcarbid ist.
3. Bremsvorrichtung nach Anspruch 2, bei der die äußere Reibverkleidung (25) aus einem keramisch metallischen Kompositmaterial aus Nickel-Chrom/Chromcarbid besteht.
4. Bremsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Bremsscheibe eine thermische Sperre (24) aus einem keramisch metallischen Kompositmaterial des Typs NiCrAlY-Zirkon oder aus yttriertem Zirkon oder aus einem isolierenden Keramikoxyd.
5. Bremsvorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Bremsscheibe aufeinanderfolgend aufgebaut ist aus einem Substrat (22), der thermischen Barriere (24) und einer äußeren Reibschicht (25).
6. Bremsvorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Bremsscheibe eine auf dem Substrat (22) angeordnete Verbindungsschicht (23) umfaßt.
7. Bremsvorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Verbindungsschicht (23) aus NiCrAlY besteht.



21.03.00

8. Bremsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der zumindest die Verkleidung durch Fasern verstärkt ist.
9. Bremsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Bremsanordnung Klötze (31) aus Aluminium Titanat oder aus einem anderen keramischen Material umfaßt.
10. Bremsvorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Klötze der Bremsanordnung eine Gewichts zusammensetzung von ungefähr 54% Aluminiumoxyd, ungefähr 33% Titanoxyd, ungefähr 3% Kieselsäureanhydrid und ungefähr 2,5% Magnesiumoxyd haben.

21.03.00

1/3

95 400 636.7-2215/0 674 114

0127 339 neg 16.03.2000

Anmelder: GEC ALSTHOM TRANSPORT SA

FIG.1

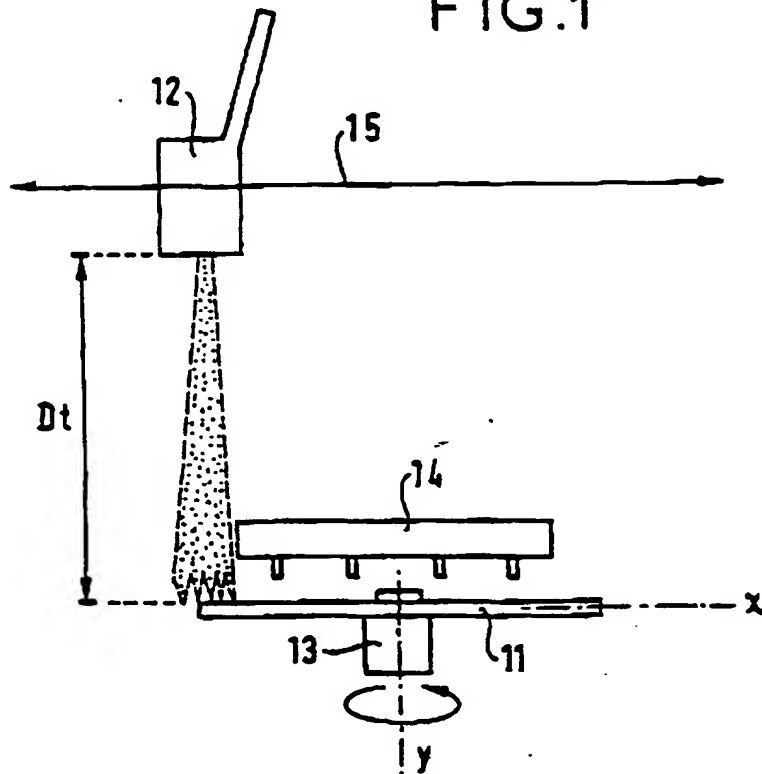


FIG.2

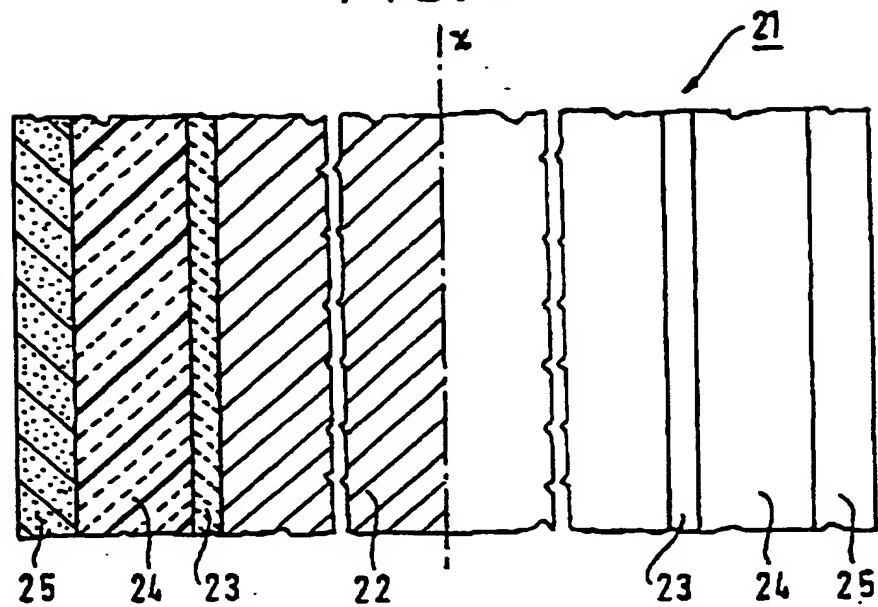


FIG. 3

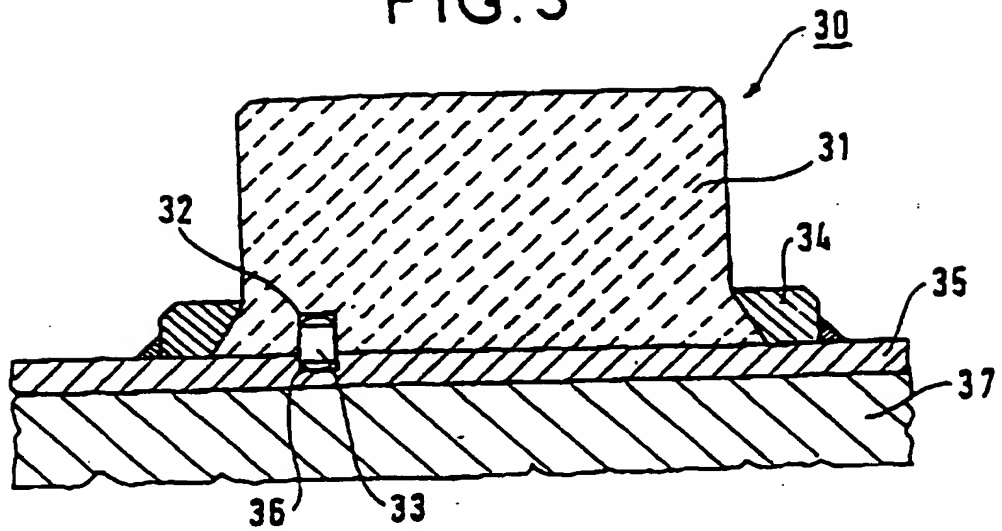
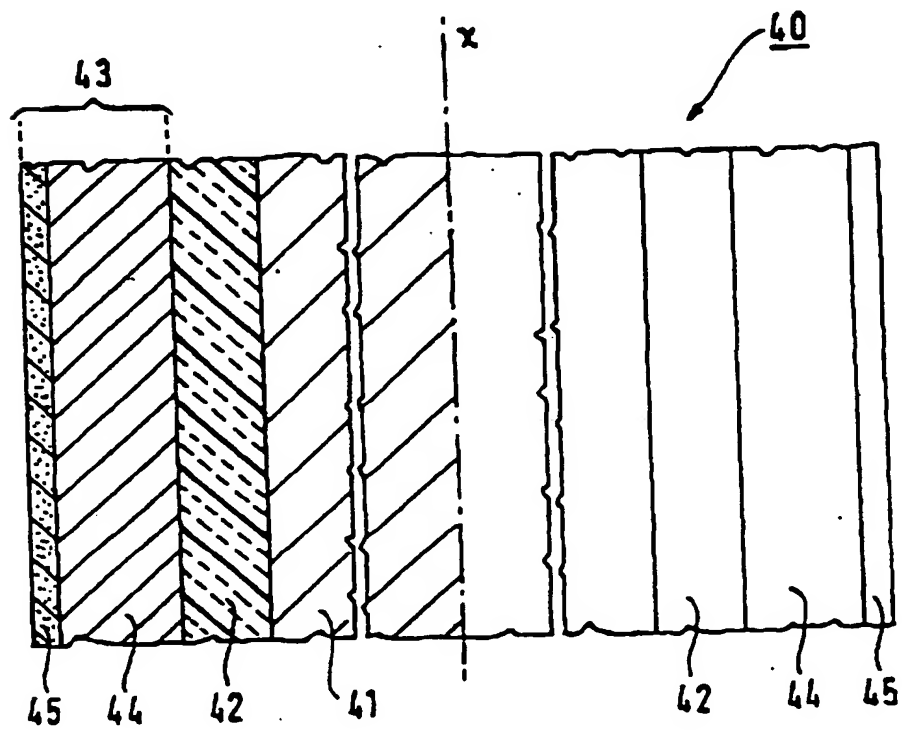


FIG. 4



21.03.00

3/3

FIG.5

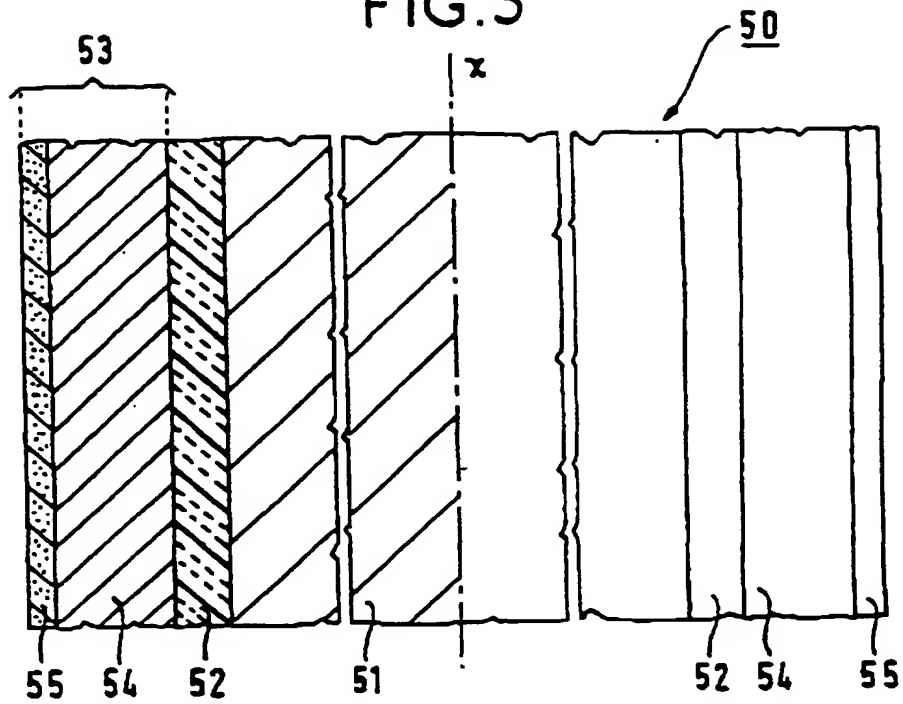
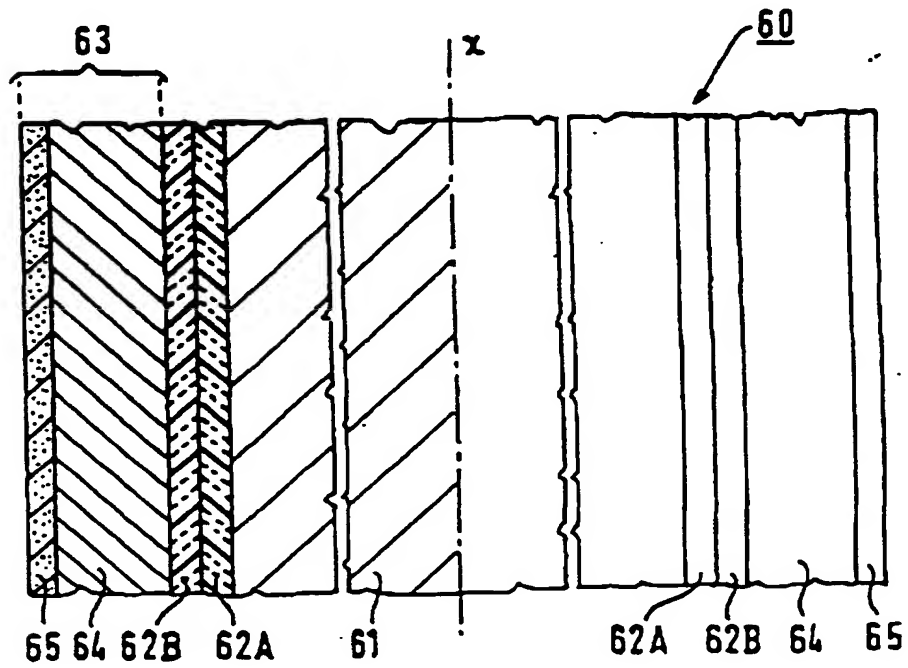


FIG.6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

***This Page Blank (uspto)***